

## DINÂMICA DO BULBO MOHADO NO SOLO POR MEIO DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM PERIMETROS IRRIGADOS DO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

ARMANDO BAGAGI BEZERRA<sup>1</sup> E LUIS FERNANDO S. M. CAMPECHE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando em engenharia da água e solo, Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, [armandobagagi@yahoo.com.br](mailto:armandobagagi@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor titular Irrigação e Drenagem, Instituto Federal do Sertão Pernambucano – IF SERTÃO, [lfmscamp@gmail.com](mailto:lfmscamp@gmail.com)

### 1 RESUMO

Foi realizado a determinação em campo das dimensões do bulbo molhado do solo por meio da irrigação por gotejamento, sendo analisadas as variáveis, diâmetro superficial, diâmetro máximo, profundidade do diâmetro máximo e profundidade máxima do bulbo molhado em seis tipos de solos no sub médio do vale do são Francisco, entre eles, Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-siltoso (PVA), Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-arenoso (PVAe), associação de Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo textura franco-arenoso (PVA/Aed), associação de Cambissolo e Neossolo textura franco-arenoso (CYn), associação de Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-arenoso (PAed) e Vertissolo textura franco-argiloso (VGn). Os tratamentos tiveram cinco gotejadores entre as vazões de 1 L h<sup>-1</sup>, 1,5 L h<sup>-1</sup>, 2,0 L h<sup>-1</sup>, 3,0 L h<sup>-1</sup> e 4,0 L h<sup>-1</sup>, em intervalo de aplicação entre 1 h e 10 h. O delineamento experimental ocorreu em blocos casualizados em três repetições, em faixa. As determinações em campo possibilitaram a determinação de modelos de regressão do tipo potencial, em função do tempo e do volume para todas as variáveis, além da determinação do espaçamento entre emissores em função do diâmetro máximo do bulbo molhado do solo. O coeficiente "a" da equação do modelo potencial aumentou com o aumento da vazão do gotejador no mesmo tempo de aplicação, ou seja, o bulbo molhado aumenta com o incremento da vazão aplicada e os maiores espaçamentos entre emissores ocorreram nos solos com maiores teores de argila.

**Palavras – chave:** Semiárido, manejo da irrigação, espaçamento entre gotejadores.

BEZERRA, A. B.; CAMPECHE, L. F. S. M.

DYNAMICS BUBLO MOHADO GROUND THROUGH IRRIGATION DRIPPING IN IRRIGATED SUB SÃO FRANCISCO VALLEY MIDDLE

### 2 ABSTRACT

This was the determination to field the size of the wet soil bulb through drip irrigation, and analyzed the variables, surface diameter, maximum diameter, depth of maximum diameter and maximum depth of the wet bulb in six soils in the medium sub of the San Francisco valley. The treatments had five emitters of 1,0 L h<sup>-1</sup>, 1.5 L h<sup>-1</sup>, 2.0 L h<sup>-1</sup>, 3.0 L h<sup>-1</sup> and 4.0 L h<sup>-1</sup>, application range from 1 h to 10 h. The experimental design was randomized blocks in three replications, and the vent to plot and time the sub plot. The measurements enabled the field type determining potential regression models, depending on the time and volume for all variables in addition to the determination of the

emitter spacing as a function of maximum wet soil bulb diameter. The "a" coefficient equation model of the potential increased with the emitter of the application flow at the same time, that is, wet bulb increases with increasing flow rate and applied greater spacing between emitters occurred in soils with a higher content of clay

**Keywords:** Semiarid, irrigation management, spacing between drippers.

### 3 INTRODUÇÃO

A irrigação moderna juntamente com a nutrição via sistemas e meios de tecnologia de aplicação de água e nutrientes são responsáveis pelo aumento substancial de produtividade agrícola, bem como por uma considerável expansão da fronteira agrícola. Nos últimos anos ocorreu expressiva tecnificação para atender as exigências técnicas (solo, cultura e clima), econômica, social e cultural, e os resultados de economia de água, melhor aproveitamento e rendimento dos fertilizantes, maior conservação dos solos, redução de mão de obra, aliados a um substancial aumento na produtividade das culturas, tem despertado o grande interesse pela irrigação localizada. A irrigação por gotejo atualmente é uma das tecnologias que mais cresce na agricultura irrigada moderna, podendo ser aplicada a inúmeras culturas, porém, atualmente observamos inúmeros problemas na confecção dos projetos, tais como, dimensionamento inadequado do método, rendimento das culturas às vezes, menor do que quando irrigado por outros métodos, projetos desenvolvidos sem os necessários estudos básicos, falta de conhecimento da relação solo-água e entre outros. Os perímetros públicos irrigado no vale do São Francisco foram implantados entre as décadas de 60, 70 e 80, com uma concepção do método de irrigação dominante da época, entre elas os de aspersão e sulcos. A região em si foi se desenvolvendo, os resultados de algumas culturas que se adaptaram as condições locais foram positivos, tornando o vale como uma região importante no cenário agrícola do país. A forma como a irrigação por gotejo é atualmente empregada nesses perímetros públicos irrigado, decorre urgentemente da intervenção da pesquisa, em que, normalmente se projeta sistemas de irrigação por gotejo sem viabilidade de estudos técnicos básicos, entre eles, a investigação do comportamento do bulbo molhado no solo. Normalmente é comum a aplicação de água sem formar faixa continua de água no solo por fileira de cultura, e ainda mais grave é o uso de espaçamentos entre emissores idênticos na maioria das áreas agrícolas, mesmo com solos distintos, sendo classificados apenas por cultura. A formação e entendimento da dinâmica do bulbo molhado se torna necessário ao dimensionamento de sistema de irrigação por gotejo. As características da formação do bulbo estão diretamente relacionadas ao tipo de solo, da vazão unitária do gotejador, do tempo de aplicação do volume de água e os respectivos espaçamentos dos emissores. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi:

- Determinar as dimensões do bulbo molhado em diferentes tipos de solos dentro dos perímetros irrigados de Bebedouro, Maniçoba, Curaçá e Tourão;
- Definir o espaçamento entre emissores, vazão do emissor e tempo de aplicação e a partir destes dados dimensionar o sistema de irrigação por gotejo;

Dentre os objetivos específicos, o trabalho se propõe á:

- Estimar a equação pelo modelo potencial dos parâmetros analisados;
- Elaborar tabela com espaçamentos comerciais entre emissores em função da vazão, tempo e solo

#### 4 MATERIAL E METODOS

Para avaliar os efeitos da vazão dos gotejadores e do tempo de aplicação de água na formação do bulbo molhado foram instalados seis experimentos em diferentes solos, nos municípios de Petrolina, Pe e Juazeiro, Ba, região conhecida como Vale do submédio do São Francisco. Para se determinar as dimensões do bulbo molhado sob irrigação por gotejamento superficial, foi feito levantamento pedológico dos principais solos utilizados na fruticultura e horticultura irrigada no vale do sub médio do São Francisco. Foi analisado os solos do perímetro irrigado de Bebedouro, no município de Petrolina, Pe, no perímetro irrigado de Maniçoba, Curaçá e Tourão no município de Juazeiro, Ba, em que são classificados respectivamente de acordo com a Embrapa (1999) como:

- Associação de Cambissolo e Neossolo Flúvico textura franco-arenoso (CYn);
- Associação de Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-arenoso (PAed);
- Associação de Argissolo Vermelho Amarelo e Latossolo textura franco-arenoso (PVA/Aed);
- Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-arenoso (PVAe);
- Argissolo Vermelho Amarelo textura franco-siltoso (PVA);
- Vertissolo textura franco-argiloso (VGn).

Foram realizadas em todos os solos análises textural, (granulometria), densidade aparente e porosidade total de acordo com Embrapa (1997). Foi desenvolvido um sistema de irrigação portátil para determinação das dimensões do bulbo molhado, em que foram dispostos 5 linhas de tubo polietileno 16 mm distribuídos aleatoriamente na parcela, em cada linha foi disposta 10 emissores, com espaçamento de 2,5 metros entre linhas e entre emissores, de modo a não ocorrer sobreposição dos bulbos. As linhas de polietileno de 16 mm por sua vez foram conectadas a tubos PVC 50 mm PN 40, abastecida por dois reservatórios de água, sendo um de 200 L e o outro de 100 L. Para regular a vazão e a pressão, os dois reservatórios ficaram interligados, e um deles mantinha a carga hidráulica constante por meio de um sistema de bóia, sendo sua haste alterada de forma que sua carga hidráulica se mantivesse estável. Para abastecer o sistema portátil de irrigação foi necessário auxílio de um motor bomba á gasolina de 1 Hp, já que os terrenos definidos para os testes em sua maioria eram área de sequeiro. As diferentes vazões foram obtidas pelos diferentes comprimentos dos microtubos tipo Spaghetti inseridos na tubulação de polietileno 16 mm, em que, conhecendo a pressão por meio da altura de carga, de 1,20 m, o diâmetro interno do microtubo de 1,0 mm e os respectivos comprimentos, calculamos a vazão desejada, pela equação de Vermeiren e Jobling (1980).

$$Q = a \cdot L^b \cdot H^c \cdot \phi^d$$

Em que :

a,b,c e d correspondem aos coeficientes que dependem do valor do diâmetro ( $\phi$ );

Q= Vazão do microtubo (l/h)

L= Comprimento do Microtubo (m)

H= Carga piezométrica (m.c.a)

$\Phi$  = Diâmetro interno do microtubo (mm)

Os experimentos foram instalados em delineamento em blocos casualizados, em esquema de faixa, com três repetições, em que os tratamentos foram compostos pelos fatores vazão do

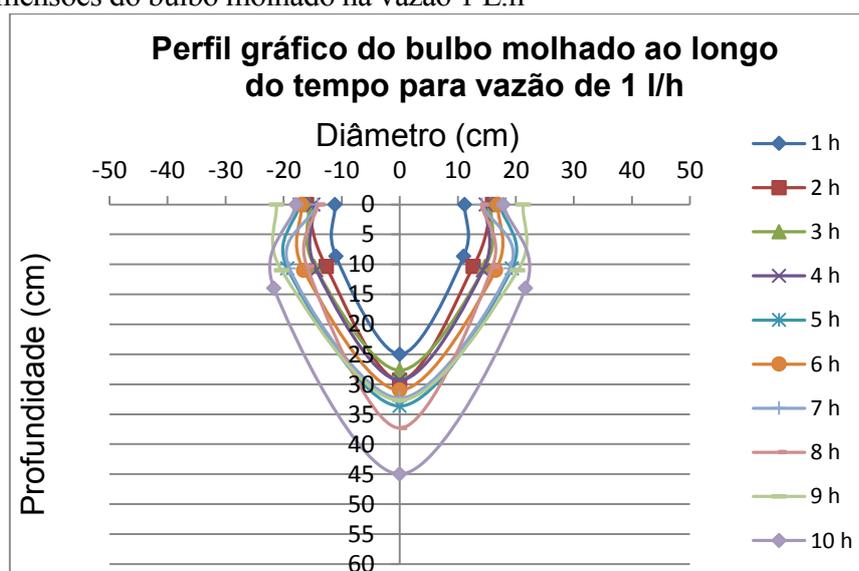
emissor e tempo de aplicação de água. Em cada repetição constaram de cinco linhas com vazões diferentes (1, 1,5, 2, 3 e 4 L.h<sup>-1</sup>) e, dentro de cada vazão, os tempo de irrigação de 1h até 10 h. Para cada vazão, em função do tempo de aplicação pré-determinado 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 h, foram abertas trincheiras no centro do bulbo molhado, abaixo do emissor, onde foram mensuradas as dimensões do bulbo molhado, medidos com fita métrica de precisão 1,0 mm a cada hora de irrigação até a última hora que correspondeu à jornada de rega de 10 horas. Para facilitar as leituras foi utilizada anilina na cor azul, que torna o bulbo úmido bastante visível na trincheira. Na avaliação, levando-se em consideração a vazão do emissor em função do tempo de aplicação foram medidas as seguintes características: diâmetro superficial ( $D_s$ ), diâmetro máximo ( $D_{max}$ ), profundidade máxima ( $Z_{máx}$ ) e profundidade onde ocorre  $D_{max}$  ( $Z_{dmax}$ ). Para avaliar as dimensões do bulbo molhado em função da vazão do emissor ( $q$ ) e do tempo de aplicação de água ( $t$ ) foi utilizado o modelo potencial. Neste trabalho foi possível estimar a equação potencial em função do tempo e da vazão, definindo o espaçamento entre gotejadores a partir do princípio de recomendação de Frizzone et al., (2012) em que a distância máxima entre gotejadores na linha lateral deve ser entre 1 (um) a 2 (duas) vezes o raio molhado do bulbo, ou seja, 2 (duas) vezes o raio molhado representa que os bulbos apenas se juntem de forma tangencial, considerando 1 (uma) vez o raio molhado os bulbos se sobrepõe 100%, para tanto, consideramos com margem de segurança a sobreposição dos bulbos em 50%, em que a distância dos emissores ficou determinada em 1,5 (um e meio) vezes o raio molhado do bulbo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) verifica-se que o modelo potencial em função do tempo, ajusta-se bem aos parâmetros analisados para todas as vazões. Quando comparamos o argissolo vermelho amarelo textura média (PVA) com associação de cambissolo e neossolo flúvico (CYn), para as vazões 2,0 L.h<sup>-1</sup>, 3,0 L.h<sup>-1</sup> e 4,0 L.h<sup>-1</sup> a qualidade do ajuste é mantida no (PVA), entretanto diminui no (CYn), sobretudo para a variável profundidade máxima. A mesma falta de ajuste para este solo também foi verificada quando se avaliou as dimensões do bulbo molhado em função do tempo de aplicação de água ( $t$ ). Segundo Resende et al. (1995), estes solos são provenientes de depósitos aluviais, sendo muito variável a pequenas distancias, tanto na horizontal como na vertical. Podemos também relacionar esse tipo de solo com sua localização de ocorrência, nas proximidades do Rio São Francisco, onde se encontram os depósitos aluviais que constituem esse tipo de solo. O modelo potencial, quando ajustado em função do volume aplicado apesar de ser algebricamente diferente de que quando em função do tempo, produz coeficientes de determinação praticamente iguais. Em razão disso, o desempenho do ajuste em função do volume aplicado é idêntico ao desempenho do ajuste em função do tempo. O modelo potencial em função do tempo é interessante observar que o coeficiente  $a$  aumenta com o aumento da vazão do emissor para um mesmo tempo de aplicação. Isso sugere que as dimensões em estudo do bulbo molhado aumentam com o incremento da vazão do emissor. Resultado semelhante foi obtido por Maia., (2010), ao avaliar as dimensões do bulbo molhado na irrigação por gotejo superficial em função da vazão do emissor e do tempo de aplicação de água em seis solos da região oeste do Rio Grande do Norte, usando o modelo potencial. Utilizando gotejadores de baixa vazão o bulbo molhado pode apresentar a profundidade maior que a largura, e conseqüentemente pode não ocorrer sobreposição, assim, apresenta a vantagem de menor área de exposição para a evaporação de água do solo, situação contrária ao que acontece quando se utiliza gotejadores de maior vazão. O trabalho de Revol et al., (1997), usando gotejadores de baixa vazão, relata que será necessário um maior número de emissores para suprir a demanda de água das plantas, porém exigirá menor tempo de

aplicação de água, contribuindo para maior eficiência do uso da água. Dessa forma, tanto altas como baixas vazões, juntamente com o tempo de aplicação, podem apresentar vantagens e desvantagens, e cada caso deve ser analisado, sendo importante a combinação de vazão e tempo de aplicação para a formação e manutenção de volume de solo molhado. A avaliação dos valores das dimensões ( $D_{sup}$ ), ( $D_{máx}$ ), ( $Z_{dmax}$ ) e ( $Z_{máx}$ ) em função da vazão do emissor e do tempo de aplicação no vertissolo (VGn) tiveram ajustes de correlação de acordo com os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Para a vazão de  $1 \text{ L.h}^{-1}$  obtivemos coeficientes de determinação de (0,825 a 0,925); para a vazão de  $1,5 \text{ L.h}^{-1}$  (0,812 a 0,906); para a vazão de  $2 \text{ L.h}^{-1}$  (0,781 a 0,920), com a vazão de  $3 \text{ L.h}^{-1}$  (0,771 a 0,959) e para a vazão de  $4 \text{ L.h}^{-1}$  (0,731 a 0,913). O maior volume aplicado no experimento foi de 40 L, e que para todos os solos estudados, a variável ( $D_{máx}$ ) > ( $Z_{máx}$ ), assumindo um formato esférico, exceto para o solo argisolo vermelho-amarelo textura média a argilosa (PVAe), na vazão de  $1 \text{ L.h}^{-1}$ , Figura 1, em que, ( $Z_{máx}$ ) > ( $D_{máx}$ ). Roth.,(1974) observou três tipos de solos e o volume aplicado de 95 L de água o bulbo apresentou geometria esférica com ( $D_{máx}$ ) > ( $Z_{máx}$ ). No entanto, acima de 95 L, a variável ( $Z_{máx}$ ) passa a prevalecer em relação a ( $D_{máx}$ ). Trabalhando em solos franco arenoso e franco argiloso, Angelakis et al., (1993), encontrou para ambos os solos, valores de ( $Z_{max}$ ) > ( $D_{máx}$ ). Outro trabalho também apresentou situação semelhante, Mostaghimi et al., (1981), trabalhando em solo franco argiloso siltoso com pequenos volumes de água aplicados, verificaram na formação do bulbo ( $Z_{máx}$ ) > ( $D_{máx}$ ).

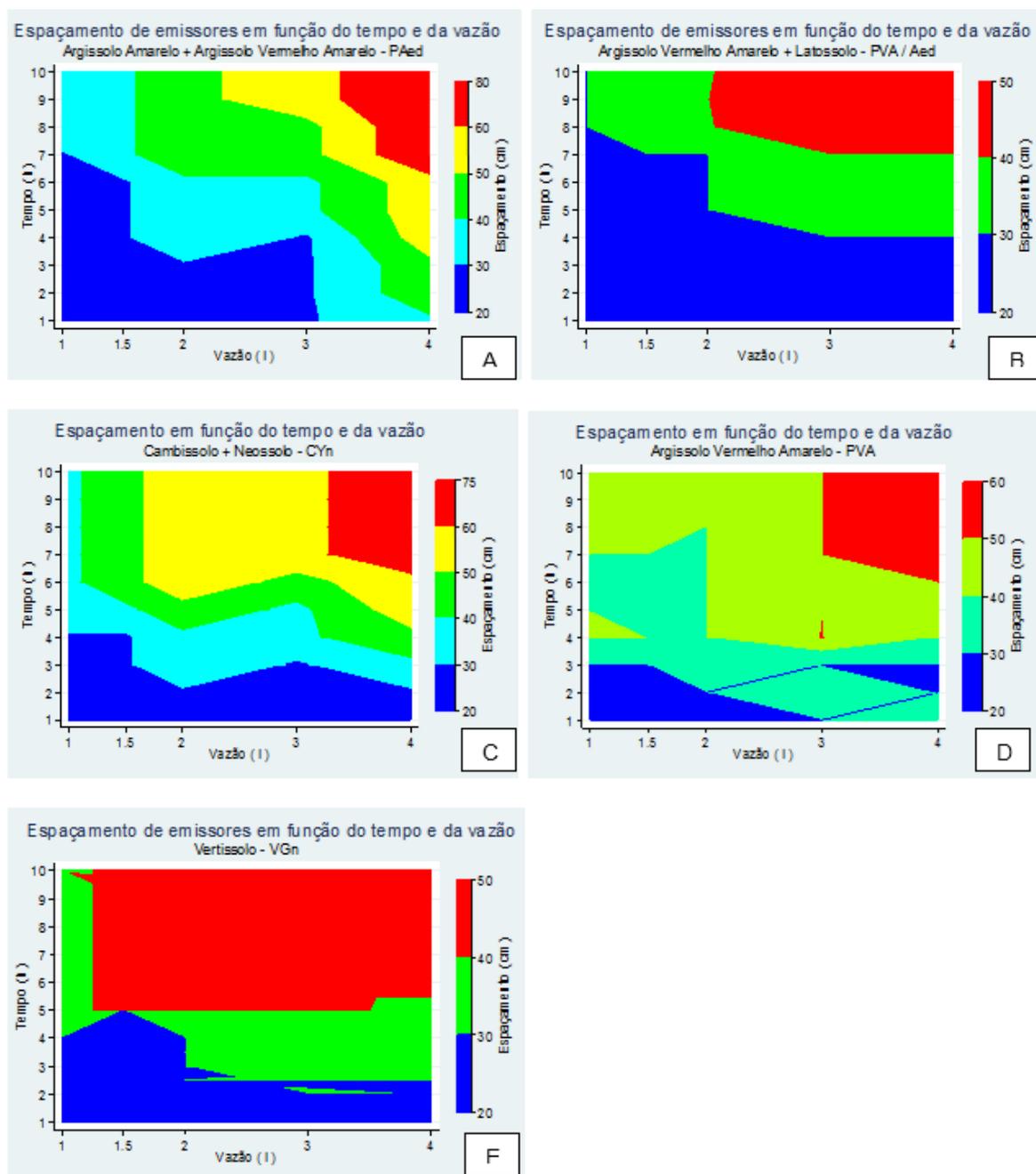
**Figura 1.** Dimensões do bulbo molhado na vazão  $1 \text{ L.h}^{-1}$



Para cada solo analisado, sendo o modelo do tipo potencial,  $y = a \cdot x^b$ , foram geradas as equações que determinam o espaçamento máximo entre emissores e seus respectivos coeficientes de determinação. Maia., (2010) comenta que a escolha da vazão do emissor pode ser feita baseada na percolação em função do diâmetro molhado, e que isso implica que, quanto menor o espaçamento entre emissores, menor deve ser a vazão para evitar a sobreposição exagerada entre os bulbos. Já Thorburn et al., (2003) comentam que para cana de açúcar na Austrália, com base apenas na textura do solo, a recomendação de espaçamento entre gotejadores na linha lateral é de 40 cm para solos arenosos e 60 cm para solos argilosos, mas em outra localidade da Austrália, com aplicação de lamina de 5 mm de água na irrigação da Cana de Açúcar, o diâmetro do bulbo foi de aproximadamente 24 cm para solos arenosos, 38 cm para solo franco arenoso e 47 cm para solo argiloso, contrariando a recomendação com base na textura do solo. (MAIA, 2010). Os dados determinados em campo possibilitaram a elaboração da Figura 2 com os espaçamentos comerciais

dos emissores em função da vazão do emissor, do tempo de irrigação e do tipo de solo, dados fundamentais na confecção, manejo, recomendação e qualquer outro meio de trabalho que envolva sistema de irrigação por gotejamento. Comparando a Figura 2 com o trabalho de Maia e Levien., (2010), observamos resultados próximos para o espaçamento entre emissores. Os trabalhos dos autores analisaram o desenvolvimento dos bulbos pelo método de superfície de resposta e ao mesmo tempo observaram que de forma individual, em função de  $q$  e  $t$ , é possível estimar as dimensões do bulbo molhado pelo modelo potencial. Sendo assim os resultados encontrados para o Cambisol, argisol e latosolo são semelhantes aos observados nos solos estudados no Submédio do Vale do São Francisco. Como no trabalho de Maia e Levien., (2010) os autores estimaram o ( $D_{m\acute{a}x}$ ) pelo modelo de superfície de resposta, e considerando que o espaçamento seja definido em 1,5 (uma vez e meia) o raio molhado do bulbo, o valor para o espaçamento entre emissores para o solo tipo cambissolo é de 38 cm, em que é um valor próximo de 40 cm encontrado na Figura 2 em C, com vazão de  $2 \text{ L.h}^{-1}$  e tempo de 4h, justamente a mesma vazão e o mesmo tempo de aplicação utilizados pelos autores supracitados. No argisol, considerando a vazão de  $1 \text{ L.h}^{-1}$  e tempo de 1h, o espaçamento encontrado por eles foi de 18,5 cm, bem semelhante ao encontrado na Figura 2 em A, apresentando espaçamento de 20 cm. Por fim no latosolo o valor encontrado pelos autores supracitados foi de 22 cm na vazão de  $1 \text{ L.h}^{-1}$  com 2 h de irrigação, sendo muito próximo de 20 cm encontrado na Figura 2 em B. O trabalho de Schwartzman e Zur., (1986) demonstraram resultados que traduzem a relação entre volume e dimensão do bulbo molhado. Para solos leves não adianta aumentar o volume de água para se obter maior diâmetro, será uma prática de desperdício. Um aumento na quantidade total de água no solo mais contribui para um aumento da profundidade molhada do que a um aumento no diâmetro e conseqüentemente, não irá aumentar os espaçamento entre emissores, fato observado na associação de cambisol e neosolo Flúvico (CYn), Figura 2 em C, em que utilizando vazões entre 1 e  $4 \text{ L. h}^{-1}$  no tempo de irrigação entre 2 h e 3 h, praticamente não ocorreu aumento do diâmetro e sendo assim o espaçamento entre emissores não se alterou, permanecendo entre 20 cm.

**Figura 2.** Espaçamento entre gotejadores em função da vazão e do tempo de irrigação para o solo PAed em A, PVA/Aed em B, CYn em C, PVA em D e VGn em E.



## 6 CONCLUSÃO

- O modelo potencial apresentou bons ajustes e descreve adequadamente o modelo para as dimensões do bulbo molhado;

- O modelo do tipo potencial apresentou aumento do coeficiente "a" de acordo com aumento da vazão do emissor para o mesmo tempo de aplicação e com isso as dimensões do bulbo molhado aumentam com o incremento da vazão do emissor;
- A variável profundidade do diâmetro máximo ( $Z_{Dmáx}$ ) não se mostrou significativa nos resultados obtidos;
- As primeiras horas de irrigação com emissores de vazão de  $1,0 \text{ L.h}^{-1}$  e  $1,5 \text{ L.h}^{-1}$  promoveram pouca diferença nas dimensões do bulbo molhado;
- Os resultados da determinação das dimensões do bulbo molhado em campo resultaram na elaboração de figura com o espaçamento entre emissores em função de vazão, tempo de aplicação e tipo de solos.

## 7 REFERÊNCIAS

ANGELAKIS, A. N., ROLSTON, D.E., KADIR, T.N., SCOTT, V.H. Soil-water distribution under trickle source. **Journal of the Irrigation and drainage**, v.119, p.484-500, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. atual 1. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R.; FARIA, M. A. Microirrigação: gotejamento e microaspersão. 1. ed. **Maringá: Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringá**, 2012. v. 1. 356 p.

MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F.; NETO, J. D. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p.149-158, jan-mar, Centro de Ciências Agrárias, UFC, Fortaleza, CE, 2010.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa-MG: Neput, 1995. 304p.

REVOL, P., VAUCLIN, M., VACHAUD, G., CLOTHIER, B.E. Infiltration from a surface point and drip irrigation. 1. The midpoint soil water pressure. **Water Resources Research**, v.33, p.1861-1867, 1997a.

ROTH, R.L. Soil moisture distribution and wetting pattern from a point-sorce. **Proceeding of the second international drip irrigation congress**, p.246-251, 1974.

SCHWARTZMAN, M., ZUR, B. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. **Journal Irrigation and Drainage Engineering**, v.112, n. 3, p.242-253, 1986.

THORBURN, P. J., COOK, F.J., BRISTOW, K.L. Soil-dependent wetting from trickle emitters: implications for system design and management. **Irrigation Science**, v.22, p.121-127, 2003.

VERMEIREN, L; JOBLING, G. A. **Localized Irrigation. Design, Installation, Operation, Evaluation. Irrigation and Drainage**, Roma, n.36, p.203, 1980.